

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年10 月13 日 (13.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/096007 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01R 33/02, 29/08
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006073
(22) 国際出願日: 2005 年3 月30 日 (30.03.2005)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2004-106521 2004 年3 月31 日 (31.03.2004) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7 番1 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 安道 徳昭 (ANDO,

Noriaki) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7 番1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 増田 則夫 (MA-SUDA, Norio) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7 番1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

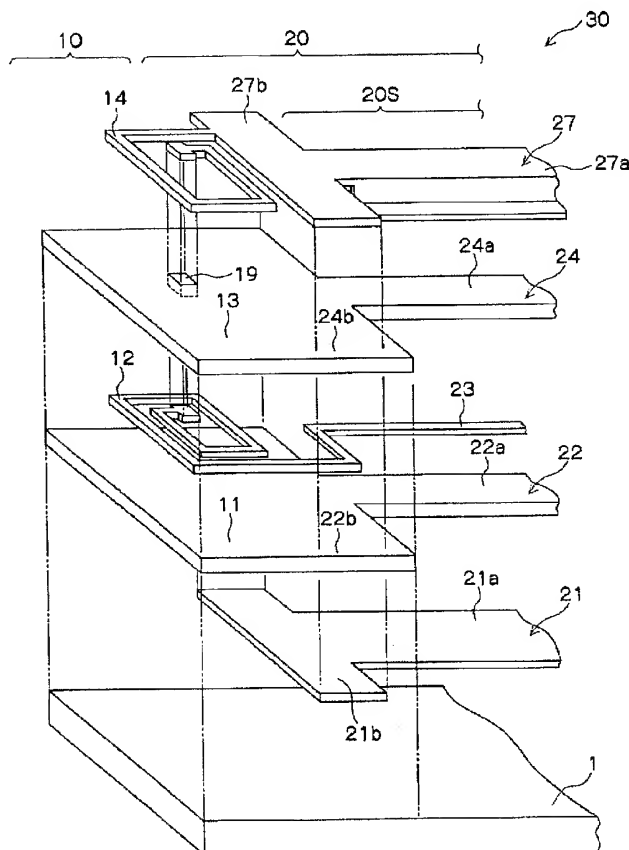
(74) 代理人: 山川 政樹, 外(YAMAKAWA, Masaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町2 丁目4 番2 号 秀和溜池ビル8 階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC FIELD SENSOR

(54) 発明の名称: 磁界センサ



(57) Abstract: A laminated coil (10) is composed of two coil forming elements (12, 14) formed of conductor layers, and a contact means (19), which is formed on an interlayer insulating film (13) provided between the conductor layers and brings the upper and the lower coil forming elements into contact by a via hole. One edge of the laminated coil is connected to an upper grounding layer (27) of a strip line (20), and the other edge of the laminated coil is connected to a strip conductor (23) of the strip line. The number of turns of the laminated coil is larger than 1. Since a magnetic flux penetrating the laminated coil becomes large and a relatively large electromotive force can be induced, a high spatial resolution can be easily obtained.

(57) 要約: 導電体層により形成された2つのコイル形成要素(12, 14)と、導電体層の間に介在する層間絶縁膜(13)に形成されかつ上下のコイル形成要素をヴィアコンタクトさせるコンタクト手段(19)とから、積層コイル(10)を構成する。積層コイルの一端を、ストリップ線路(20)の上部グラウンド層(27)に接続し、積層コイルの他端をストリップ線路のストリップ導体(23)に接続する。積層コイルのターン数は1よりも大きい。したがって、積層コイルを貫く磁束が大きくなり、比較的大きな起電力を誘導させることができるので、高空間分解能化を図ることが容易になる。

WO 2005/096007 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

磁界センサ

技術分野

- [0001] 本発明は、磁界センサに関し、更に詳しくは、電磁誘導された起電力を検出することによって高周波の磁界を検知することができる磁界センサに関する。

背景技術

- [0002] 今日では、電子機器の高性能化、高機能化が急速に進んでおり、これに伴って、個々の電子機器又は電子回路から放射される電磁波も強まっている。電子機器又は電子回路から強い電磁波が放射されると、この電磁波によって周囲の電子機器又は電子回路が誤動作することがある。
- [0003] 強い電磁波が放射される原因の1つとして、回路を流れる不要な高周波電流、特に半導体装置の電源供給配線を流れる高周波ノイズ電流が知られており、設計あるいは製造の早期からこの高周波ノイズ電流を抑制することが望まれている。
- [0004] 近傍磁界強度を計測することにより、高周波ノイズ電流の経路を非接触の検査で特定することができるので、設計あるいは製造の早期から高周波ノイズ電流の抑制効果を検証することが可能となり、結果として電磁波対策を講じることが可能になる。コイルに誘導される起電力を測定して磁界を検知するタイプのセンサとしては、例えば以下のものが知られている。
- [0005] 特開平10-82845号公報(文献1)に記載された磁界センサは、各々がC字状に成形された1対の誘電体配線基板それぞれに、誘電体配線基板と平面視上重なる形状及び大きさを有する接地導体を設け、かつ、これら1対の誘電体基板によって所定形状のストリップ導体を挟持した構造を有し、ストリップ導体の始端位置と各接地導体との間の誘起電圧を磁界検出出力とするものである。
- [0006] この磁界センサにおける各誘電体基板は、接地導体が外表面となるようにして互いに対向配置されており、ストリップ導体と各接地導体とは、ストリップ導体の終端位置で電氣的に接続されている。各接地導体は、ストリップ導体を外部電界からシールドする機能を果たす。ストリップ導体の終端位置は、誘電体配線基板においてギャップ

部(C字状をなすための切り欠き部)を挟んで互いに対向する2つの端部の一方にある。このストリップ導体は、終端位置からギャップ部を渡って誘電体基板におけるC字状の一方の半周部に沿って延び、この半周部の所定位置を始端位置としている。

[0007] 特開2000-171535号公報(文献2)に記載された磁界センサは、各々が所定形状の導体パターンを有する第1層、第2層、及び第3層を各層の間に絶縁層を介在させた状態で、かつ、第2層の導体パターンを第1層及び第3層それぞれの導体パターンと接続させた状態で積層した構造を有し、第2層の導体パターンと第1層及び第3層それぞれの導体パターンの間に接続された負荷に発生した電圧を検出して磁界出力とするものである。この磁界センサでは、各導体パターンの形状が、これらを平面視したときに1ターンのループコイルを形成するように選定されている。第1層及び第3層の導体パターンは、それぞれ、第2層の導体パターンを外部電界からシールドする機能を果たす。

[0008] 特開2000-121712号公報(文献3)に記載されたペン型近磁界プローブは、微小ループコイル、伝送線路、及び高周波ケーブル用接続部がそれぞれ形成されたプリント配線基板(支持体)を保持部の先端に接続した構造を有するものである。

[0009] 特開2000-147034号公報(文献4)に記載された密着固定型近磁界プローブは、シート状の基板上に1ターンのループコイル、コプレナ伝送線路、及び高周波コネクタを設け、この基板の裏面に剥離可能な接着面を設けることにより、又は、上記の基板に線材に係合可能な係合部を設けることにより、測定対象に対し接着、剥離可能にしたものである。

[0010] 特開2003-207531号公報(文献5)に記載された近磁界プローブは、1ターンのループコイルと、このループコイルに接続された伝送回路とを誘電体に設けた構造を有し、前記伝送回路のインピーダンスを伝送方向に漸次変化させることによって出力電圧の低下を抑制したものである。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0011] 例えば半導体集積回路は、年々、微細化されており、微細な電子回路に流れる高周波ノイズ電流の経路の特定や、個々の配線に流れる電流値の評価を行うためには

、磁界センサの空間分解能を高めることが必要である。

[0012] しかしながら、文献1～5に記載されたいずれのセンサも、1ターンのループコイルに誘導される起電力に基づいて磁界を検知するものであるので、ループコイルを微細化すると当該ループコイルを貫く磁束も減少して検出感度が低下する。この構造のループコイルでは、実用に耐える検出感度を維持しつつ微細化を図ることが困難であり、結果として、センサの空間分解能を高めることが困難である。

[0013] また、文献1に記載された磁界センサでは、ストリップ導体を外部電界からシールドするための接地導体それぞれの線幅をストリップ導体の線幅よりも広くしなければならぬので、この磁界センサでは、電磁波の発生場所を特定する際の検査対象物との最短距離を、接地導体を平面視したときのストリップ導体の終端位置と当該接地導体の外周面との最短距離よりも縮めることができない。この点からも、文献1に記載された磁界センサでは、空間分解能を向上させ難い。同様のことが、文献2に記載された磁界センサについてもいえる。

[0014] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高空間分解能化を図ることが容易な磁界センサを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 上記の目的を達成するために、本発明の磁界センサは、基板と、基板上に形成された積層コイルと、積層コイルに連なって基板上に形成されたストリップ線路とを備え、積層コイルは、基板上の少なくとも2層の導電体層のそれぞれにより形成されたコイル形成要素と、導電体層の間に介在する層間絶縁膜に形成されかつ層間絶縁膜の上下のコイル形成要素をビアコンタクトさせるコンタクト手段とを備え、ストリップ線路は、下部グランド層、下部層間絶縁膜、ストリップ導体、上部層間絶縁膜、及び上部グランド層がこの順番で基板上に積層された構造を有し、積層コイルのターン数は、1よりも大きく、積層コイルの一端は、下部グランド層及び上部グランド層のいずれか一方のグランド層に連なり、積層コイルの他端は、ストリップ導体に連なっていることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明の磁界センサでは、積層コイルのターン数が1よりも大きいので、この積層コ

イルを貫く磁束が大きくなり、比較的大きな起電力を誘導させることができる。したがって、積層コイルを小型化しても、検出感度を高く保つことが可能である。また、積層コイルの形状及び大きさを、測定対象物に近接させ易い形状及び大きさに設計することが容易である。したがって、本発明の磁界センサによれば、高空間分解能化を図ることが容易になる。その結果、例えば微細な電子回路に流れる高周波ノイズ電流を測定することが容易になり、電子機器や電子回路の設計あるいは製造の早期から電磁波対策を講じることが容易になる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]図1は、本発明に係る第1実施例の磁界センサを概略的に示す分解斜視図である。
- [図2]図2は、図1に示した磁界センサを概略的に示す斜視図である。
- [図3]図3は、図2に示したIII－III線断面の概略図である。
- [図4]図4は、図1に示した磁界センサの積層コイルにおけるコイル本体を概略的に示す平面図である。
- [図5]図5は、図1に示した磁界センサにおける積層コイル側でのストリップ導体と下部グランド層との位置関係を概略的に示す平面図である。
- [図6]図6は、図2に示したVI－VI線断面の概略図である。
- [図7A]図7Aは、第2実施例の磁界センサにおける第1コイル形成要素と、この第1コイル形成要素に連なるストリップ導体とを概略的に示す平面図である。
- [図7B]図7Bは、第2実施例の磁界センサにおける第2コイル形成要素と、この第1コイル形成要素に連なる上部グランド層とを概略的に示す平面図である。
- [図7C]図7Cは、第2実施例の磁界センサの積層コイルにおけるコイル本体を概略的に示す平面図である。
- [図8]図8は、本発明に係る第3実施例の磁界センサを概略的に示す斜視図である。
- [図9A]図9Aは、図8に示した磁界センサにおけるコイル部第1層間絶縁膜、第1コイル形成要素、線路部第1層間絶縁膜、及びストリップ導体を概略的に示す平面図である。
- [図9B]図9Bは、図8に示した磁界センサにおけるコイル部第2層間絶縁膜、第2コイ

ル形成要素、線路部第2層間絶縁膜、及び上部グランド層を概略的に示す平面図である。

[図9C]図9Cは、図8に示した磁界センサの積層コイルにおけるコイル本体を概略的に示す平面図である。

[図10]図10は、本発明に係る第4実施例の磁界センサを概略的に示す斜視図である。

[図11A]図11Aは、図10に示した磁界センサにおけるコイル部第1層間絶縁膜、第1コイル形成要素、線路部第1層間絶縁膜、及びストリップ導体を概略的に示す平面図である。

[図11B]図11Bは、図10に示した磁界センサにおけるコイル部第2層間絶縁膜、第2コイル形成要素、及び線路部第2層間絶縁膜を概略的に示す平面図である。

[図11C]図11Cは、図10に示した磁界センサにおけるコイル部第3層間絶縁膜、第3コイル形成要素、線路部第3層間絶縁膜、及び上部グランド層を概略的に示す平面図である。

[図11D]図11Dは、図10に示した磁界センサの積層コイルにおけるコイル本体を概略的に示す平面図である。

[図12]図12は、図10に示した磁界センサにおけるストリップ線路の断面構造を示す概略図である。

[図13]図13は、本発明に係る第5実施例の磁界センサを概略的に示す斜視図である。

[図14A]図14Aは、図13に示した磁界センサにおけるコイル部第1層間絶縁膜、第1コイル形成要素、及び線路部第1層間絶縁膜を概略的に示す平面図である。

[図14B]図14Bは、図13に示した磁界センサにおけるコイル部第2層間絶縁膜、第2コイル形成要素、引き出し部、線路部第2層間絶縁膜、及びストリップ導体を概略的に示す平面図である。

[図14C]図14Cは、図13に示した磁界センサにおけるコイル部第3層間絶縁膜、第3コイル形成要素、及び線路部第3層間絶縁膜を概略的に示す平面図である。

[図14D]図14Dは、図13に示した磁界センサにおけるコイル部第4層間絶縁膜、第4

コイル形成要素、線路部第4層間絶縁膜、及び上部グランド層を概略的に示す平面図である。

[図14E]図14Eは、図13に示した磁界センサの積層コイルにおけるコイル本体を概略的に示す平面図である。

[図15]図15は、図13に示した磁界センサにおけるストリップ線路の断面構造を示す概略図である。

[図16]図16は、図1に示した磁界センサの使用形態の一例を概略的に示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

[0018] <第1実施例>

図1に示すように、本発明に係る第1実施例の磁界センサ30は、基板1と、基板1上に形成された積層コイル10と、積層コイル10に連なって基板1上に形成されたストリップ線路20とを有している。

[0019] 積層コイル10は、基板1上にコイル部第1層間絶縁膜11、第1コイル形成要素12、コイル部第2層間絶縁膜13、及び第2コイル形成要素14をこの順番で積層した構造を有している。コイル部第2層間絶縁膜13には、第1コイル形成要素12と第2コイル形成要素14とを互いにヴィアコンタクトさせるコンタクトプラグ(コンタクト手段)19が形成されている。

[0020] ストリップ線路20は、基板1上に下部グランド層21、線路部第1層間絶縁膜22、ストリップ導体23、線路部第2層間絶縁膜24、及び上部グランド層27をこの順番で積層した構造を有している。

[0021] 以下、基板1、積層コイル10、及びストリップ線路20それぞれについて、図1及び後掲の図2～図6を参照して詳述する。

[0022] (1) 基板;

基板1としては、例えばガラス基板、サファイア基板等の電気絶縁性基板を用いることができ、その厚は1 μ m程度以下の範囲内で適宜選定可能である。また、パッケージが開封された半導体集積回路のチップ上で測定を行う場合に、例えばボンディングワイヤ等の障害物に磁界センサ30が当たる状況をなるべく防ぐという観点からは、

基板1をできるだけ薄肉にすることが好ましい。

[0023] (2)積層コイル;

積層コイル10は、上述のように、コイル部第1層間絶縁膜11、第1コイル形成要素12、コイル部第2層間絶縁膜13、及び第2コイル形成要素14の積層体である。

[0024] コイル第1層間絶縁膜11は、基板1上に形成されて第1コイル形成要素12を設けるための平坦面を形成しており、その平面形状は矩形である。また、コイル部第2層間絶縁膜13は、第1コイル形成要素12上に形成されて第2コイル形成要素14を設けるための平坦面を形成しており、この第2コイル形成要素14の平面形状も矩形である。

[0025] 図2及び図3に示すように、コイル部第2層間絶縁膜13は第1コイル形成要素12を被覆している。コイル部第1層間絶縁膜11とコイル部第2層間絶縁膜13とは、平面視上、互いに重なり合う。

[0026] このようなコイル部第1層間絶縁膜11及びコイル部第2層間絶縁膜13は、例えば、フォトレジスト、ケイ素酸化物等を材料として用いてスピコート、スパッタ等の方法により大形の電気絶縁膜を成膜し、この電気絶縁膜をエッチング等の方法を利用して所定形状にパターニングすることによって作製することができる。コイル部第1層間絶縁膜11及びコイル部第2層間絶縁膜13それぞれの膜厚は、いずれも、0.5～3 μ m程度の範囲内で適宜選定可能である。

[0027] また、コイル部第2層間絶縁膜13に形成されているコンタクトプラグ19(図1参照)は、コイル部第2層間絶縁膜13にヴィアホール(接続孔)を設け、このヴィアホールを例えば銅やアルミニウム等の導電性材料により埋めることで作製される。磁界センサ30の導体抵抗を低く抑えるうえからは、導電性の高い材料によりコンタクトプラグ19を形成することが好ましい。コンタクトプラグ19によって第1コイル形成要素12と第2コイル形成要素14とを接続することにより、これらのコイル形成要素12、14を互いにヴィアコンタクトさせることができる。

[0028] 第1コイル形成要素12及び第2コイル形成要素14は、コンタクトプラグ19により互いに接続されて、ターン数が3よりもやや小さいコイルを形成している。基板1を基準にすると、第1コイル形成要素12が最下層のコイル形成要素に相当し、第2コイル形成要素14が最上層のコイル形成要素に相当する。

- [0029] 第1コイル形成要素12のターン数は2よりもやや小さく、第2コイル形成要素14のターン数は1よりもやや大きい。これらのコイル形成要素12、14は、例えば、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いてめっき、物理的气相蒸着法(PVD)、化学的气相蒸着法(CVD)等により形成した導電体層を、エッチング等の方法により所定形状にパターンニングすることによって作製することができる。積層コイル10を小型化して磁界センサ30の空間分解能を高めるうえからは、銅やアルミニウムのように導電性の高い材料により各コイル形成要素12、14を作製することが好ましい。
- [0030] 各コイル形成要素12、14の膜厚は $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で、また、その線幅は $1 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で、それぞれ適宜選定可能である。磁界センサ30の空間分解能を高めるという観点からは、これらのコイル形成要素12、14の線幅を、それぞれ $1 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 程度の範囲内で選定することが好ましい。
- [0031] 同様の観点から、積層コイル10の平面視上の輪郭形状は、各短辺がストリップ線路20の長手軸と平行な矩形とすることが好ましい。積層コイル10の形状をこのように選定することにより、その平面視上の輪郭形状を例えば円形にした場合に比べて、積層コイル10を測定対象物に近接させた際に当該積層コイル10を貫く磁束を増加させることが可能になる。その結果として、積層コイル10を小型化しても磁界センサ30の検出感度を高く保ち易くなる。空間分解能が高い磁界センサ30を得ようとする場合、積層コイル10の輪郭の平面視上の大きさ及び形状は、上記短辺の長さが $10 \sim 40 \mu\text{m}$ 程度で、長辺の長さが $20 \sim 500 \mu\text{m}$ 程度の矩形とすることが特に好ましい。
- [0032] なお、本発明でいう「積層コイルの平面視上の輪郭形状」とは、各コイル形成要素とこれらを電氣的に接続するコンタクトプラグとによって形成されたコイル本体を平面視したときに、巻回部分が呈する輪郭形状を意味する。本実施例の磁界センサ30では、第1コイル形成要素12と第2コイル形成要素14とが部分的に互いに重なり合っており、図4に示すように、巻回部分の平面視上の輪郭形状が矩形であるコイル本体C1を形成している。図4に示した部材のうちで図1に示されているものについては、図1で用いた参照符号と同じ参照符号を付してある。
- [0033] (3)ストリップ線路；
ストリップ線路20は、前述のように、下部グランド層21、線路部第1層間絶縁膜22、

ストリップ導体23、線路部第2層間絶縁膜24、及び上部グランド層27の積層体である。

- [0034] 下部グランド層21は、図1又は図2に示すように、積層コイル10側の端部での線幅が他の領域21aでの線幅よりも広がって矩形領域21bを形成している導電体層であり、その平面形状はT字状である。この下部グランド層21は、例えば銅、アルミニウム等の導電性材料を用いて、めっき、PVD、CVD等の方法により形成した導電体層を、エッチング等の方法を利用して所定形状にパターンニングすることによって作製することができる。また、所定形状のマスクを用いたPVD又はCVDにより上述の導電性材料を基板1上に堆積させることによっても形成可能である。
- [0035] 下部グランド層21の膜厚は、その材料の導電性に応じて、1～5 μ m程度の範囲内で適宜選定可能である。また、矩形領域21bを平面視したときの短辺（ストリップ線路20の長手軸と平行に延びている辺を意味する。）の長さは、この矩形領域21bと後述する矩形領域27bとによる電界シールド効果をできるだけ高めるという観点から、ストリップ導体23の線幅の4倍程度以上とすることが好ましい。また、空間分解能が高い磁界センサ30を得るという観点からは、上記の短辺の長さを、ストリップ導体23の線幅の8倍程度以下とすることが好ましい。矩形領域21bを平面視したときの長辺（ストリップ線路20の長手軸と平面視上直交する方向に延びている辺を意味する。）の長さは、積層コイル10の大きさに応じて、25～550 μ m程度の範囲内で適宜選定可能である。
- [0036] 線路部第1層間絶縁膜22は、図1に示すように、積層コイル10側の端部での線幅が他の領域22aでの線幅よりも広がって矩形領域22bを形成している電気絶縁膜であり、その平面形状はT字状である。領域22aの線幅は、下部グランド層21での領域21aの線幅よりも狭く、矩形領域22bは下部グランド層21での矩形領域21bよりも大形である。線路部第1層間絶縁膜22の上面は平坦面となっている。
- [0037] この線路部第1層間絶縁膜22は、図1～図3に示すように、矩形領域21bを被覆して当該矩形領域21bとストリップ導体23との短絡を防止していると共に、領域21a上においてストリップ導体23と領域21aとの短絡を防止している。下部グランド層21上の線路部第1層間絶縁膜22の膜厚は、1～10 μ m程度の範囲内で適宜選定可

能である。ストリップ線路20においては、線路部第1層間絶縁膜22が下部層間絶縁膜に相当する。

[0038] 線路部第1層間絶縁膜22の矩形領域22bには、前述したコイル部第1層間絶縁膜11が連なっている(図1～図3参照)。このような線路部第1層間絶縁膜22及びコイル部第1層間絶縁膜11は、例えば互いに別個に形成することもできるが、大形の電気絶縁層を所定形状にパターニングすることによって両者を一時に形成した方が簡便である。この場合、積層コイル10とストリップ線路20との境界が線路部第1層間絶縁膜22とコイル部第1層間絶縁膜11との境界となる。積層コイル10とストリップ線路20との境界は、図3に示すように、下部グランド層21及び矩形領域22bそれぞれにおける積層コイル10側の端面を含む垂直面VFであり、前記の各端面はストリップ線路20に含まれる。

[0039] ストリップ導体23は、電磁誘導された起電力を測定するための計測機器(図示せず。)に積層コイル10を接続するための導体であり、このストリップ導体23の一端には例えば高周波ケーブルが接続される。高周波ケーブルと同じ値の特性インピーダンスを有する伝送線路をストリップ導体23と高周波ケーブルとの間に介在させ、この伝送線路によってストリップ導体23と高周波ケーブルとを中継してもよい。高周波ケーブルの一端は上記の計測機器に接続される。ストリップ導体23の線幅は、 $1\sim 4\mu\text{m}$ 程度の範囲内で適宜選定可能である。この線幅は、所望の特性インピーダンスを有するストリップ線路20を容易に形成するうえから、一定であることが好ましい。ストリップ導体23の膜厚は、 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ 程度の範囲内で適宜選定可能である。

[0040] ストリップ導体23の平面形状は、図1に示すように、線路部第1層間絶縁膜22の領域22a上においては直線状であり、線路部第1層間絶縁膜22の矩形領域22b上においてはクランク状に折れ曲がった形状である。図5に示すように、矩形領域22b上でのストリップ導体23は、平面視上、下部グランド層21の矩形領域21bにおける基部側(領域21a側を意味する。)の長辺L1の中点P1及び矩形領域21bの中心点Oを通り、かつ、中心点Oで方向を 90° 変えて矩形領域21bでの短辺S1の中点P2を通る中心線CLに沿って延び、短辺S1に達する前に積層コイル10に向かう方向へと再び 90° 方向を変えて、矩形領域21bでの積層コイル10側の長辺L2に達する形

状を有している。下部グランド層21の矩形領域21bと後述する上部グランド層の矩形領域27bとによってストリップ導体23を外部電界からできるだけシールドするという観点から、ストリップ導体23における積層コイル10側の端と、下部グランド層21の矩形領域21bの短辺のうちで前記の端に最寄りの短辺S1との平面視上の間隔を、ストリップ導体23の線幅の2倍以上とすることが好ましい。ストリップ導体23の平面形状を上述のような形状にすることにより、ストリップ導体23を外部電界からシールドすることが容易になる。

[0041] このストリップ導体23の一端には、前述した積層コイル10の一端(第1コイル形成要素12の一端)が連なっている(図1又は図3参照)。このようなストリップ導体23と第1コイル形成要素12とは、例えば互いに別個に形成することもできるが、大形の導電体層を所定形状にパターニングすることによって両者を一時に形成した方が簡便である。

[0042] 線路部第2層間絶縁膜24は、線路部第1層間絶縁膜22と同様に、積層コイル10側の端部での線幅が他の領域24aでの線幅よりも広がって矩形領域24bを形成している電気絶縁膜であり、その平面形状はT字状である(図1参照)。この線路部第2層間絶縁膜領域24の平面形状及び大きさは前述した線路部第1層間絶縁膜22の平面形状及び大きさと同じであり、これら2つの線路部層間絶縁膜は、平面視上、互いに重なり合う。線路部第2層間絶縁膜の上面は平坦面となっている。

[0043] このような形状を有する線路部第2層間絶縁膜24は、図1～図3に示すように、ストリップ導体23を被覆して、当該ストリップ導体23と上部グランド層27との短絡を防止している。ストリップ導体23上での線路部第2層間絶縁膜24の膜厚は、 $1\sim 10\mu\text{m}$ 程度の範囲内で適宜選定可能であるが、ストリップ線路20の特性インピーダンスを所望の値に容易に制御可能であるという観点から、下部グランド層21上での線路部第1層間絶縁膜22の膜厚と実質的に同じ膜厚にすることが好ましい。ストリップ線路20においては、線路部第2層間絶縁膜24が上部層間絶縁膜に相当する。

[0044] 線路部第2層間絶縁膜24の矩形領域24bには、前述したコイル部第2層間絶縁膜13が連なっている(図1～図3参照)。このような線路部第2層間絶縁膜24及びコイル部第2層間絶縁膜13は、例えば互いに別個に形成することもできるが、大形の電気

絶縁層を所定形状にパターニングすることによって両者を一時に形成した方が簡便である。

- [0045] 上部グランド層27は、積層コイル10側の端部での線幅が他の領域27aでの線幅よりも広がって矩形領域27bを形成している導電体層であり、その平面形状はT字状である。矩形領域27bと前述した下部グランド層の矩形領域21bとは、平面視上、互いに重なり合う。
- [0046] 図1又は図2に示すように、上部グランド層27における領域27aは、矩形領域27b側の端部を除いて、下部グランド層21における領域21aと共にストリップ線路20の外周面を形成している。ストリップ線路20のうちで領域21a、27aによって外周面が形成されている領域は、シールド型ストリップ線路領域20Sとなっている。
- [0047] 図6に示すように、ストリップ線路領域20Sにおいては、線路部第1層間絶縁膜22上に形成されたストリップ導体23が線路部第2層間絶縁膜24によって被覆され、さらに、これらが下部グランド層21及び上部グランド層27により被覆されているので、ストリップ導体23を外部電界から確実にシールドすることが容易である。結果として、磁界センサ30のS/N比を高めることが容易になる。なお、図6に示した部材は全て図1又は図2に示されているので、各部材には図1又は図2で用いた参照符号と同じ参照符号を付してある。
- [0048] 一方、上部グランド層27の矩形領域27bは、前述した下部グランド層21の矩形領域21bと共同して、ストリップ導体23のうちでこれら2つの矩形領域21b、27bと平面視上重なる領域を外部電界からシールドしている。この矩形領域27bには、前述した積層コイル10の一端(第2コイル形成要素14の一端)が連なっている(図1又は図3参照)。上部グランド層27と第2コイル形成要素14とは、例えば互いに別個に形成することもできるが、大形の導電体層を所定形状にパターニングすることによって両者を一時に形成した方が簡便である。上部グランド層27の膜厚は、その材料の導電性に応じて、1～5 μ m程度の範囲内で適宜選定可能である。
- [0049] 上述した各部材によって構成されるストリップ線路20の特性インピーダンスは、積層コイル10に誘導された起電力を計測するための計測機器にストリップ線路20を接続するのに用いられる高周波ケーブルの特性インピーダンスと同じ値にすることが好

ましい。このようにストリップ線路20の特性インピーダンスを選定することにより、伝送損失を低減させることが容易になる。ストリップ線路20の特性インピーダンスは、線路部第1層間絶縁膜22及び線路部第2層間絶縁膜24それぞれの膜厚及び誘電率、並びにストリップ導体23の膜厚及び線幅を適宜選定することによって調整することができる。

[0050] 以上説明した構造を有する磁界センサ30は、周知の微細加工技術により積層コイル10及びストリップ線路20を形成することができるので、その小型化を容易に図ることができる。また、積層コイル10のターン数が1よりも大きいので、ターン数が1以下のループコイルに比べて、積層コイル10の各コイル形成要素を貫く磁束が少なくとも比較的大きな起電力を誘導させることが可能である。さらに、積層コイル10は、その構造上、当該積層コイル10を測定対象物に近接させ易い形状及び大きさに設計することが容易なものである。例えば積層コイル10の平面視上の輪郭形状を前述のように矩形にすれば、輪郭形状を円形にした場合に比べて、この積層コイル10を小型化したときでも当該積層コイル10を貫く磁束を増加させることができる。したがって、本実施例の磁界センサ30では、小型化による高空間分解能化を図ることが容易である。

[0051] また、ストリップ線路20の大部分がシールド型ストリップ線路領域20Sとなっているので、ストリップ導体23を外部電界からシールドしてS/N比を高めることが容易である。

[0052] <第2実施例>

本発明に係る第2実施例の磁界センサの構造は、第1コイル形成要素112及び第2コイル形成要素114それぞれの形状を除き、第1実施例の磁界センサ30の構造と同様であるので、その全体像や各部材の分解斜視像、あるいは断面構造の図示を省略する。

[0053] 図7Aに示すように、第1コイル形成要素112は、ターン数が2.5よりもやや大きいコイルであり、その一端はストリップ導体123に連なっている。上述した第1実施例の磁界センサ30に比べて第1コイル形成要素112のターン数が増加しているため、この第1コイル形成要素112の線幅は、第1実施例の磁界センサ30での第1コイル形成

要素12の線幅よりも狭くなっている。ストリップ導体123の線幅は、例えば第1実施例の磁界センサ30でのストリップ導体23の線幅と同じである。

[0054] 同様に、図7Bに示した第2コイル形成要素114のターン数も、第1実施例の磁界センサ30での第2コイル形成要素14のターン数よりも増加しているため、第2コイル形成要素114の線幅は、第1実施例の磁界センサ30での第2コイル形成要素14の線幅よりも狭くなっている。第2コイル形成要素114の一端は、上部グランド層127に連なっている。上部グランド層127の大きさ及び形状は、例えば第1実施例の磁界センサ30での上部グランド層27の大きさ又は形状と同じである。

[0055] 第1コイル形成要素112及び第2コイル形成要素114それぞれのターン数が上述のように選定されていることから、図7Cに示すように、コイル本体C2のターン数は4よりも大きくなっている。すなわち、本実施例の磁界センサでは、積層コイルのターン数が第1実施例の磁界センサ30での積層コイル10のターン数よりも増加している。このため、本実施例の磁界センサによれば、検出感度を高めて高空間分解能化を図ることが更に容易になる。

[0056] <第3実施例>

図8に示すように、本発明に係る第3実施例の磁界センサ230は、ストリップ線路220の外周面全体が下部グランド層221と上部グランド層227とによって形成されて、当該ストリップ線路220全体がシールド型ストリップ線路領域となっている、という点で第1実施例の磁界センサ30と大きく異なる。他の構成は第1実施例の磁界センサ30の構成と同様であるので、磁界センサ30の構成部材と機能上共通する部材には図1～図2で用いた参照符号の数値部分に「200」を加えた参照符号を付して、その説明を省略する。

[0057] この磁界センサ230では、ストリップ線路220全体をシールド型ストリップ線路領域にしたことに伴って、基板201、コイル部第1層間絶縁膜211、及びコイル部第2層間絶縁膜213をそれぞれ除いた各部材の形状が、図9A～図9Cに示すように変更されている。

[0058] 図9Aに示すように、ストリップ線路220全体をシールド型ストリップ線路領域にしたことに伴って、ストリップ導体223の平面形状は直線状に変更されている。また、図9

A又は図9Bに示すように、線路部第1層間絶縁膜222、線路部第2層間絶縁膜224、及び上部グランド層227それぞれの平面形状は帯状に変更されている。図示を省略しているが、下部グランド層221(図8参照)の平面形状も帯状に変更されている。下部グランド層221と上部グランド層227とは、平面視したときに互いに重なり合う。

[0059] 図9Aに示すように、ストリップ導体223を直線状にしたことに伴って、このストリップ導体223に一端が連なる第1コイル形成要素212のターン数は、第1実施例の磁界センサ30での第1コイル形成要素12に比べて僅かに増加している。同様に、第2コイル形成要素214のターン数も、図9Bに示すように、第1実施例の磁界センサでの第2コイル形成要素14に比べて僅かに増加している。第2コイル形成要素214の一端は、上部グランド層227の一端の中央部に連なっている。これら第1コイル形成要素212と第2コイル形成要素214とは、コイル部第2層間絶縁膜213に形成されたコンタクトプラグ(図示せず。)により互いにヴィアコンタクトしている。

[0060] これらの結果として、図9Cに示すように、積層コイル210におけるコイル本体C3のターン数は3になっている。第1コイル形成要素212においてストリップ導体223に連なっている一端と、第2コイル形成要素214において上部グランド層227に連なっている一端とは、平面視上、互いに重なり合う。なお、図9A～図9Cにおいては、便宜上、各コイル部層間絶縁膜211、213と、このコイル部層間絶縁膜211又は213に連なる線路部層間絶縁膜222、又は224とを合わせた平面視上の輪郭形状を、それぞれ二点鎖線で描いている。

[0061] 上述した構造を有する本実施例の磁界センサ230は、第1実施例の磁界センサ30と同様の技術的効果を奏する。さらに、本実施例の磁界センサ230では積層コイル210(コイル本体C3)のターン数が3と大きいので、第1実施例の磁界センサ30に比べて検出感度を容易に高めることができ、積層コイル210を小型化しても実用的な検出感度を得易いため、小型化による高空間分解能化を図ることが一段と容易になる。また、ストリップ線路220全体がシールド型ストリップ線路領域になっているので、ストリップ導体223全体を外部電界からシールドしてS/N比を更に高めることが可能である。

[0062] <第4実施例>

図10に示すように、本発明に係る第4実施例の磁界センサ330では、積層コイル310と、この積層コイル310に連なるストリップ線路320とが基板301上に形成されている。この磁界センサ330は、積層コイル310におけるコイル本体が3つのコイル形成要素を用いて形成されているという点で、第3実施例の磁界センサ230と大きく異なる。ストリップ線路320全体がシールド型ストリップ線路領域となっているという点では第3実施例の磁界センサ230と同様である。

[0063] 磁界センサ330の構成部材のうち、第3実施例の磁界センサ230の構成部材と機能上共通する部材には図8又は図9A～図9Cで用いた参照符号の数値部分に「100」を加えた参照符号を付して、その説明を省略する。

[0064] 本実施例の磁界センサ330では、3つのコイル形成要素を用いてコイル本体を形成するために、コイル部第1層間絶縁膜、第1コイル形成要素、コイル部第2層間絶縁膜、第2コイル形成要素、コイル部第3層間絶縁膜、及び第3コイル形成要素がこの順番で基板301上に積層されている。そして、コイル部第2層間絶縁膜に形成したコンタクトプラグにより第1コイル形成要素と第2コイル形成要素とを互いにヴィアコンタクトさせ、コイル部第3層間絶縁膜に形成したコンタクトプラグにより第2コイル形成要素と第3コイル形成要素とを互いにヴィアコンタクトさせることによって、積層コイル310が形成されている。また、ストリップ線路320は、下部グランド層、線路部第1層間絶縁膜、ストリップ導体、線路部第2層間絶縁膜、線路部第3層間絶縁膜、及び上部グランド層をこの順番で基板301上に積層した構造を有している。

[0065] 本実施例に係る図11A～図11Dと先に説明した図9A～図9Cとの対比から明らかのように、本実施例の磁界センサ330における積層コイル310は、既に説明した第3実施例の磁界センサ230の積層コイル210における第1コイル形成要素212とコイル部第2層間絶縁膜213との間に、図11Bに示すコイル部第2層間絶縁膜313と第2コイル形成要素314とを挿入した構造を有している。基板301を基準にしたとき、3つのコイル形成要素312、314、316のうちの第1コイル形成要素312が最下層のコイル形成要素に相当し、第3コイル形成要素316が最上層のコイル形成要素に相当する。また、本実施例の磁界センサ330におけるストリップ線路320は、第3実施例の磁界センサ230のストリップ線路220におけるストリップ導体223と線路部第2層間絶縁

膜224との間に、図11Bに示す線路部第2層間絶縁膜324を挿入した構造を有している。

- [0066] 図11Bに示すように、コイル部第2層間絶縁膜313上に形成されている第2コイル形成要素314は、ターン数が1よりも僅かに大きいコイルである。この第2コイル形成要素314は、コイル部第2層間絶縁膜313に形成されたコンタクトプラグ(図示せず。)により第1コイル形成要素312と互いにヴィアコンタクトしており、かつ、コイル部第3層間絶縁膜315に形成されたコンタクトプラグ(図示せず。)により第3コイル形成要素316と互いにヴィアコンタクトしている。その結果として、図11Dに示すように、コイル本体C4のターン数は、第3実施例の磁界センサ230におけるコイル本体C3のターン数よりも増加して、4となっている。
- [0067] なお、図11A、図11B、又は図11Cにおいては、便宜上、各コイル部層間絶縁膜311、313、315と、このコイル部層間絶縁膜311、313、又は315に連なる線路部層間絶縁膜322、324、又は325とを合わせた平面視上の輪郭形状を、それぞれ二点鎖線で描いている。
- [0068] 図12に示すように、ストリップ導体323は線路部第1層間絶縁膜322上に形成されており、このストリップ導体323は線路部第2層間絶縁膜324により被覆されている。また、線路部第2層間絶縁膜324上には線路部第3層間絶縁膜325が積層されている。このストリップ線路320においては、線路部第1層間絶縁膜322が下部層間絶縁膜に相当し、線路部第2層間絶縁膜324と線路部第3層間絶縁膜325とが上部層間絶縁膜UIに相当する。ストリップ線路320の特性インピーダンスを所望の値に容易に制御可能であるという観点から、下部層間絶縁膜である線路部第1層間絶縁膜322の膜厚と上部層間絶縁膜UIの膜厚を実質的に同じ値にすることが好ましい。
- [0069] 上述した構造を有する本実施例の磁界センサ330は、第3実施例の磁界センサ230と同様の技術的効果を奏する。さらに、磁界センサ330での積層コイル310(コイル本体C4)のターン数が4と大きいので、第3実施例の磁界センサ230に比べて検出感度を高めることが容易であり、積層コイル310を小型化しても実用的な検出感度を得易いため、小型化による高空間分解能化を図ることが一段と容易になる。

- [0070] <第5実施例>

図13に示すように、本発明に係る第5実施例の磁界センサ430では、積層コイル410と、この積層コイル410に連なるストリップ線路420とが基板401上に形成されている。この磁界センサ430は、積層コイル410におけるコイル本体が4つのコイル形成要素を用いて形成されているという点で、第3実施例の磁界センサ230と大きく異なる。ストリップ線路420全体がシールド型ストリップ線路領域となっているという点では、第3実施例の磁界センサ230と同様である。

[0071] 磁界センサ430の構成部材のうち、第3実施例の磁界センサ230の構成部材と機能上共通する部材には図8又は図9A～図9Cで用いた参照符号の数値部分に「200」を加えた参照符号を付して、その説明を省略する。ただし、線路部第2層間絶縁膜については新たな参照符号「423」を付し、ストリップ導体については新たな参照符号「424」を付してある。

[0072] 本実施例の磁界センサ430では、4つのコイル形成要素を用いてコイル本体を形成するために、コイル部第1層間絶縁膜と、第1コイル形成要素と、コイル部第2層間絶縁膜と、第2コイル形成要素及びリード部と、コイル部第3層間絶縁膜と、第3コイル形成要素と、コイル部第4層間絶縁膜と、第4コイル形成要素とをこの順番で基板401上に積層し、かつ、コイル部層間絶縁膜を介して互いに隣り合う2つのコイル形成要素を当該コイル部層間絶縁膜に形成したコンタクトプラグにより互いにヴィアコンタクトさせることによって、積層コイル410が形成されている。また、ストリップ線路420は、下部グランド層、線路部第1層間絶縁膜、線路部第2層間絶縁膜、ストリップ導体、線路部第3層間絶縁膜、線路部第4層間絶縁膜、及び上部グランド層をこの順番で基板401上に積層した構造を有している。

[0073] 図14Aに示すように、コイル部第1層間絶縁膜411上に形成されている第1コイル形成要素412のターン数は、1.5よりも大きい。コイル部第1層間絶縁膜411には、平面形状が帯状の線路部第1層間絶縁膜422が連なっている。

[0074] 図14Bに示すように、コイル部第2層間絶縁膜413上に形成されている第2コイル形成要素414のターン数は、1.5よりも大きく、この第2コイル形成要素414に近接して、引き出し部414Rがコイル部第2層間絶縁膜413上に形成されている。

[0075] 第2コイル形成要素414の一端は、コイル部第2層間絶縁膜413に形成されたコン

タクトプラグ(図示せず。)により第1コイル形成要素412の一端とヴィアコンタクトしており、この第1コイル形成要素412の他端は、コイル部第2層間絶縁膜413に形成された他のコンタクトプラグ(図示せず。)により引き出し部414Rの一端とヴィアコンタクトしている。引き出し部414Rの他端は、線路部第2層間絶縁膜423上に形成されたストリップ導体424の一端に連なっている。

- [0076] 図14Cに示すように、コイル部第3層間絶縁膜415上に形成されている第3コイル形成要素416のターン数は、1.5よりも大きい。この第3コイル形成要素416の一端は、コイル部第3層間絶縁膜415に形成されたコンタクトプラグ(図示せず。)により、第2コイル形成要素414の一端とヴィアコンタクトしている。
- [0077] 図14Dに示すように、コイル部第4層間絶縁膜417上に形成されている第4コイル形成要素418のターン数は、1.5よりも大きい。この第4コイル形成要素418の一端は、コイル部第4層間絶縁膜417に形成されたコンタクトプラグ(図示せず。)により第3コイル形成要素416の一端とヴィアコンタクトしており、他端は上部グランド層427に連なっている。
- [0078] 図14Eに示すように、本実施例の磁界センサ430における積層コイル410のコイル本体C5はターン数が7のコイルである。ただし、各コイル形成要素412、414、416、418が平面視上互いに重なり合う領域を有していることから、同図においては第1コイル形成要素412が現れていない。4つのコイル形成要素412、414、416、418のうちの第4コイル形成要素418が最上層のコイル形成要素に相当し、残り3つのコイル形成要素412、414、416では第2コイル形成要素414が真中のコイル形成要素に相当する。
- [0079] なお、図14A、図14B、図14C、又は図14Dにおいては、便宜上、各コイル部層間絶縁膜411、413、415、417とこれに連なる線路部層間絶縁膜422、423、425、又は426とを合わせた平面視上の輪郭形状を、それぞれ二点鎖線で描いている。
- [0080] 図15に示すように、ストリップ線路420では、下部グランド層421上に線路部第1層間絶縁膜422と線路部第2層間絶縁膜423とがこの順番で積層され、その上にストリップ導体424が形成されている。このストリップ導体424は線路部第3層間絶縁膜425により被覆されており、その上に線路部第4層間絶縁膜426が積層されている。下

部グランド層421と上部グランド層427とは、互いに共同して、ストリップ線路420の外周面全体を形成している。

[0081] ストリップ線路420においては、線路部第1層間膜422と線路部第2層間絶縁膜423とが下部層間絶縁膜LIを形成しており、線路部第3層間絶縁膜425と線路部第4層間絶縁膜426とが上部層間絶縁膜UIを形成している。ストリップ線路420の特性インピーダンスを所望の値に容易に制御可能であるという観点から、下部層間絶縁膜LIの膜厚と上部層間絶縁膜UIの膜厚を実質的に同じ値にすることが好ましい。

[0082] 上述した構造を有する本実施例の磁界センサ430は、第4実施例の磁界センサ330と同様の技術的効果を奏する。さらに、磁界センサ430での積層コイル410(コイル本体C5)のターン数が7と大きいので、第4実施例の磁界センサ330に比べて検出感度を高めることが容易であり、積層コイル410を小型化しても実用的な検出感度を得易いため、小型化による高空間分解能化を図ることが一段と容易になる。

[0083] <変形例>

本発明の磁界センサは、上述した第1～5実施例の各磁界センサに限定されるものではない。例えば、個々のコイル形成要素の形状及びターン数は、積層コイル全体として同じ向きに巻回されていさえすれば、作製しようとする磁界センサに求められる大きさ、空間分解能等に応じて、所望の形状及びターン数(ターン数が1未満である場合を含む。)とすることができる。ターン数の大きい積層コイルを効率よく得るうえからは、個々のコイル形成要素のターン数を1以上にする、換言すれば、積層コイルのターン数をコイル形成要素の総数以上にすることが好ましい。また、積層コイルを構成するコイル形成要素の総数も、作製しようとする磁界センサに求められる大きさ、空間分解能等に応じて適宜選定可能である。

[0084] 例えば半導体集積回路から発せられるメガヘルツ(MHz)帯からギガヘルツ(GHz)帯の電磁波の発生場所を特定するためには本発明の磁界センサを用いる場合には、積層コイルの厚さ(基板を除く。)を2.5～20 μ m程度とすることが好ましいので、積層コイルの厚さが所望の厚さに収まるように、個々のコイル形成要素の形状及びターン数並びにコイル形成要素の総数が適宜選定される。

[0085] 第5実施例の磁界センサ430におけるように1つのコイル形成要素に近接して引き

出し部414R (図14B参照)を設ける場合、この引き出し部414Rはコイル形成要素の1つとみなしてもよいし、ストリップ導体の一部とみなしてもよい。

- [0086] 積層コイルの一端は、上述した第1～5実施例のいずれの磁界センサにおいても上部グラウンド層に連なっているが、上部グラウンド層に代えて下部グラウンド層に連ならせることも可能である。この場合には、各磁界センサでのコイル形成要素(第5実施例の磁界センサ430においては、引き出し部414Rを含める。)の配置パターンを、例えば基板の厚方向に180°回転させる。
- [0087] ストリップ導体を外部電界からシールドするという観点からは、ストリップ線路全体をシールド型ストリップ線路領域とすることが好ましいが、第1実施例又は第2実施例の磁界センサのように積層コイル側の端部を除いた残りの領域をシールド型ストリップ線路領域にすることも、磁界センサの生産性を高めるという観点からは好ましい。
- [0088] また、磁界センサの生産性を高めるうえからは、ストリップ線路における線路部層間絶縁膜の層数を積層コイルにおけるコイル部層間絶縁膜の層数と同数にすることが好ましいが、下部層間絶縁膜に相当する層間絶縁膜と上部層間絶縁膜に相当する層間絶縁膜とがあれば、線路部層間絶縁膜の層数をコイル部層間絶縁膜の層数よりも少なくすることも可能である。図13～図15を用いて説明した第5実施例の磁界センサ430における積層コイル410のように、最下層のコイル形成要素とストリップ導体との間にコンタクトプラグ及び引き出し部を介在させる場合には、基板が電気絶縁性を有しているので、図13又は図14に示したコイル部第1層間絶縁膜411に相当する層間絶縁膜及び線路部第1層間絶縁膜422に相当する層間絶縁膜の少なくとも一方を省略することも可能である。
- [0089] 耐久性の高い磁界センサを得るという観点からは、パッシベーション膜により積層コイル及びストリップ線路を被覆することが好ましい。このパッシベーション膜は、積層コイル及びストリップ線路それぞれの外表面に、例えばPVD、CVDによりアルミナ等を膜厚10～30 μ m程度の範囲内で堆積させることにより、形成することができる。
- [0090] その他、種々の変形、修飾、組み合わせ等が可能である。なお、本発明の磁界センサは、磁界計測、電磁妨害(EMI)対策のための高周波ノイズ電流の計測、高周波ノイズ電流の経路の特定等に利用することができる他、微細領域での電磁耐性試験

のために使用される微小な磁界発生器として利用することも可能である。本発明の磁界センサは高空間分解能化を図ることが容易なものであるので、高空間分解能化することにより、電子回路における個々の配線近傍で磁界計測を行って当該配線に流れる電流値を配線毎に求めることも容易になる。電流値を配線毎に求めることができれば、その電流値から電子回路を評価することができるので、電磁妨害(EMI)対策も含めて、開発の早期から電子回路の最適化を図ることが容易になる。

[0091] 図16を参照し、前述した第1実施例の磁界センサ30の使用形態の一例として、パッケージを開封した半導体集積回路基板500での高周波ノイズ電流の経路を特定する際の近傍磁界計測について説明する。

[0092] 図16において、磁界センサ30のストリップ線路20の一端には、高周波ケーブル41が接続され、この高周波ケーブル41には、電磁誘導された起電力を測定するための計測機器(図示せず。)が接続されている。ストリップ線路20と高周波ケーブル41との間にコネクタ(伝送線路)42が介在していてもよい。このとき、ストリップ線路20の特性インピーダンスと、高周波ケーブル41もしくはコネクタ42の特性インピーダンスとを同じ値にすることにより、伝送損失を低減させることができる。

[0093] パッケージを開封することにより剥き出しの状態になった半導体集積回路基板500に磁界センサ30を近づけ、この磁界センサ30を前後左右に走査させることにより、詳細な磁界分布構造を検知することが可能となる。磁界センサ30における積層コイル10の上面を半導体集積回路基板500の所望の配線505の側面と平行にすると、配線505に電流Iが流れることによって発生する磁界Hを測定することができる。また、同じ測定地点において、磁界センサ30における積層コイル10の上面を配線505と平行にして磁界を計測し、さらに、積層コイル10の上面を配線505と直角にして磁界を計測することにより、水平方向の磁界成分の大きさを計測することができる。磁界センサ30は、既に説明したように小型化が容易なものであり、この磁界センサ30を小型化すると半導体集積回路基板500中の所望の配線に積層コイル10を近接させることが可能になるため、高い空間分解能を得ることができる。本発明の磁界センサであれば、第1実施例の磁界センサ30に限らず、同様の近傍磁界計測が可能である。なお、図16中の参照符号510は、ボンディングワイヤを示している。

[0094] <実施例の効果>

上述した実施例において、積層コイルのターン数を1よりも大きくすることにより、この積層コイルを貫く磁束が大きくなるため、比較的大きな起電力を誘導させることが可能である。したがって、積層コイルを小型化しても検出感度を高く保つことが可能である。また、積層コイルの形状及び大きさを、測定対象物に近接させ易い形状及び大きさに設計することが容易である。したがって、上述した実施例によれば、高空間分解能化を図ることが容易になる。

[0095] また、積層コイルのターン数をコイル形成要素の総数以上とすることにより、検出感度を容易に高めることができ、積層コイルを小型化しても実用的な検出感度を得易いため、小型化により高空間分解能の磁界センサを効率よく得ることが容易になる。

[0096] また、積層コイルの平面視上の輪郭形状を矩形にすることにより、例えば積層コイルの平面視上の輪郭形状を円形にした場合に比べて、積層コイルを測定対象物に近接させた際に当該積層コイルを貫く磁束を増加させることが可能である。その結果として、高感度化を図ることが更に容易になる。

[0097] また、コイル形成要素の総数が2又は3のとき、コイル形成要素のうちで基板を基準にしたときに最下層に相当するコイル形成要素及び最上層に相当するコイル形成要素のいずれか一方が一方のグランド層に連なり、他方がストリップ導体に連なる構造とすることにより、ストリップ導体を外部電界からシールドすることが容易になる。

[0098] また、1つの導電膜をパターニングして1つのコイル形成要素と1つのグランド層とを形成し、他の1つの導電膜をパターニングして他の1つのコイル形成要素とストリップ導体とを形成することが可能であるので、その製造が容易になる。

[0099] また、コイル形成要素の総数が4のとき、コイル形成要素のうちで基板を基準にしたときに最下層に相当するコイル形成要素及び最上層に相当するコイル形成要素のいずれか一方が一方のグランド層に連なり、残り3つのコイル形成要素のうちの真中に位置するコイル形成要素に近接して、ストリップ導体に連なる引き出し部が形成され、最下層に相当するコイル形成要素及び最上層に相当するコイル形成要素のうちの他方が引き出し部とビアコンタクトする構造とすることにより、ストリップ導体を外部電界からシールドすることが容易になる。

- [0100] また、ストリップ導体の上下で上部層間絶縁膜の膜厚と下部層間絶縁膜の膜厚とを実質的に同じにすることにより、ストリップ線路の特性インピーダンスを所望の値に制御することが容易になる。
- [0101] また、ストリップ線路がシールド型ストリップ線路領域を含むことにより、ストリップ導体を外部電界からシールドすることが容易になる。その結果、S/N比を高めることが容易になる。
- [0102] また、ストリップ線路の特性インピーダンスを、このストリップ線路の一端に接続される高周波ケーブルの特性インピーダンス、もしくは、このストリップ線路と高周波ケーブルとを中継する伝送線路の特性インピーダンスと同じ値にすることにより、積層コイルと当該積層コイルに誘導された起電力を計測する計測機器との間での伝送損失を抑えることが容易になる。なお、上記の伝送線路には、通常、高周波ケーブルが接続され、この高周波ケーブルの特性インピーダンスと前記伝送線路の特性インピーダンスとは、多くの場合、同じ値に調整される。

請求の範囲

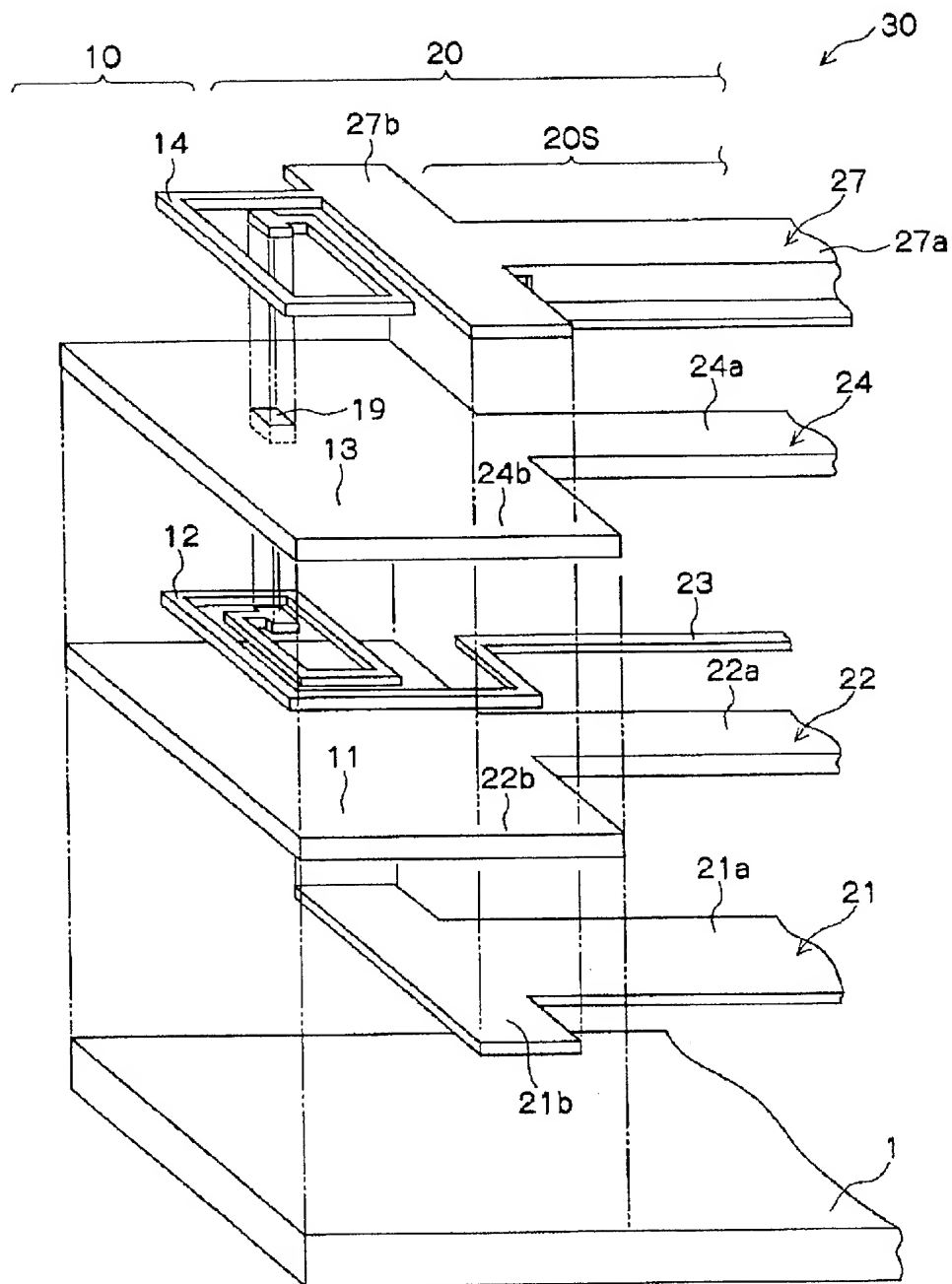
- [1] 基板と、前記基板上に形成された積層コイルと、前記積層コイルに連なって前記基板上に形成されたストリップ線路とを備え、
- 前記積層コイルは、前記基板上の少なくとも2層の導電体層のそれぞれにより形成されたコイル形成要素と、前記導電体層の間に介在する層間絶縁膜に形成されかつ前記層間絶縁膜の上下のコイル形成要素をヴィアコンタクトさせるコンタクト手段とを備え、
- 前記ストリップ線路は、下部グランド層、下部層間絶縁膜、ストリップ導体、上部層間絶縁膜、及び上部グランド層がこの順番で前記基板上に積層された構造を有し、
- 前記積層コイルのターン数は、1よりも大きく、
- 前記積層コイルの一端は、前記下部グランド層及び前記上部グランド層のいずれか一方のグランド層に連なり、
- 前記積層コイルの他端は、前記ストリップ導体に連なっていることを特徴とする磁界センサ。
- [2] 前記積層コイルのターン数は、前記コイル形成要素の総数以上であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [3] 前記積層コイルの平面視上の輪郭形状は、矩形であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [4] 前記コイル形成要素の総数は、2及び3のいずれか一方であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [5] 前記コイル形成要素のうちで前記基板を基準にしたときに最下層に相当するコイル形成要素及び最上層に相当するコイル形成要素のいずれか一方が前記一方のグランド層に連なり、他方が前記ストリップ導体に連なっていることを特徴とする請求項4に記載の磁界センサ。
- [6] 前記一方のグランド層と前記一方のグランド層に連なるコイル形成要素とは、1つの導電体層により形成され、
- 前記ストリップ導体と前記ストリップ導体に連なるコイル形成要素とは、他の1つの導電体層により形成されていることを特徴とする請求項4に記載の磁界センサ。

- [7] 前記コイル形成要素の総数は、4であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [8] 前記コイル形成要素のうちで前記基板を基準にしたときに最下層に相当するコイル形成要素及び最上層に相当するコイル形成要素のいずれか一方が前記一方のグラウンド層に連なり、
残り3つのコイル形成要素のうちの真中に位置するコイル形成要素に近接して、前記ストリップ導体に連なる引き出し手段が形成され、
前記最下層に相当するコイル形成要素及び前記最上層に相当するコイル形成要素のうちの他方が前記引き出し手段とビアコンタクトしていることを特徴とする請求項7に記載の磁界センサ。
- [9] 前記下部グラウンド層及び前記上部グラウンド層のそれぞれの平面形状は、前記積層コイル側の端部での線幅が他の領域での線幅よりも広がって矩形領域を形成したT字状であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [10] 前記ストリップ導体は、前記矩形領域の基部側の長辺の中点及び前記矩形領域の中心点を通り、かつ、前記中心点で方向を90° 変えて前記矩形領域の短辺の中点を通る中心線に沿って延び、前記短辺に達する前に前記積層コイルに向かう方向へと再び90° 方向を変えて前記矩形領域での積層コイル側の長辺に達していることを特徴とする請求項9に記載の磁界センサ。
- [11] 前記ストリップ導体の線幅は、一定であり、
前記矩形領域の短辺の長さは、前記ストリップ導体の線幅の4～8倍であること特徴とする請求項9に記載の磁界センサ。
- [12] 前記ストリップ導体の前記積層コイル側の端と、前記矩形領域の短辺のうちで前記端に最寄りの短辺との間隔は、前記ストリップ導体の線幅の2倍以上であることを特徴とする請求項11に記載の磁界センサ。
- [13] 前記下部グラウンド層及び前記上部グラウンド層のそれぞれの平面形状は、帯状であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [14] 前記ストリップ導体上における前記上部層間絶縁膜の膜厚は、前記ストリップ導体下における前記下部層間絶縁膜の膜厚と実質的に同じであることを特徴とする請求

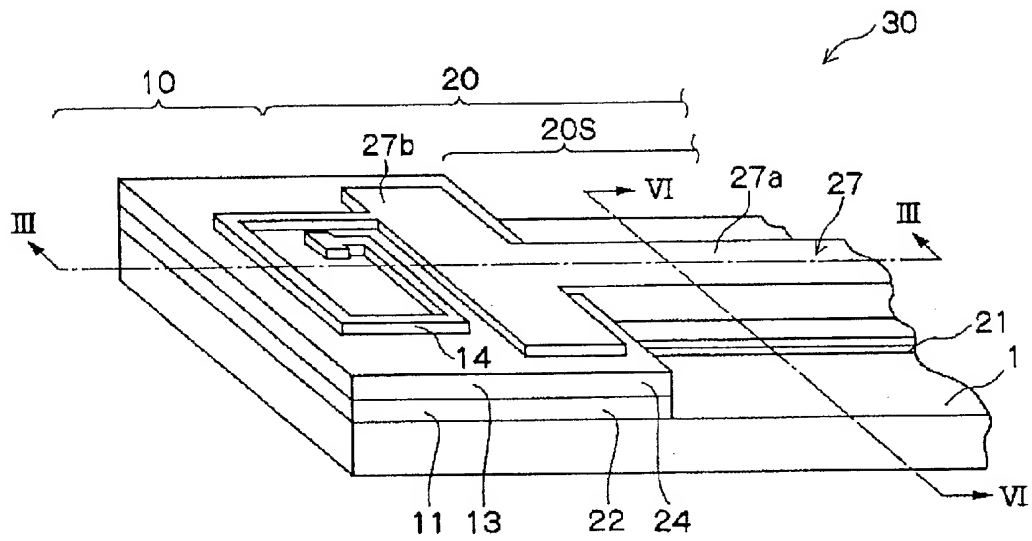
項1に記載の磁界センサ。

- [15] 前記ストリップ線路は、前記下部グランド層と前記上部グランド層とによって外周面が形成されたシールド型ストリップ線路領域を備えることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [16] 前記ストリップ線路の特性インピーダンスは、前記ストリップ線路の一端に接続される高周波ケーブルの特性インピーダンスと同じ値であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [17] 前記ストリップ線路の特性インピーダンスは、前記ストリップ線路と高周波ケーブルとを中継する伝送線路の特性インピーダンスと同じ値であることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。
- [18] 前記コイル形成要素は、すべて同じ方向に巻回されていることを特徴とする請求項1に記載の磁界センサ。

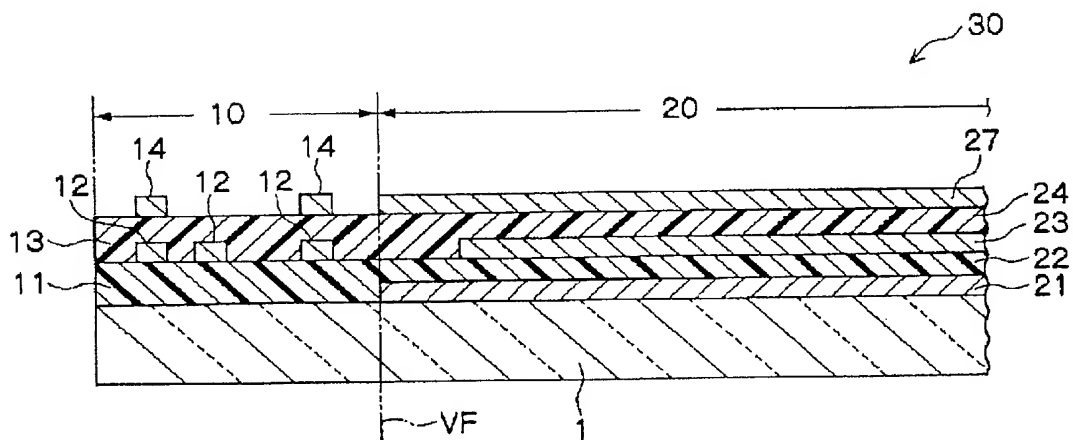
[図1]



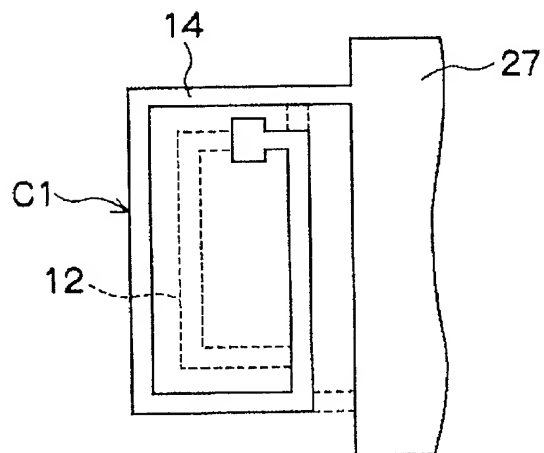
[図2]



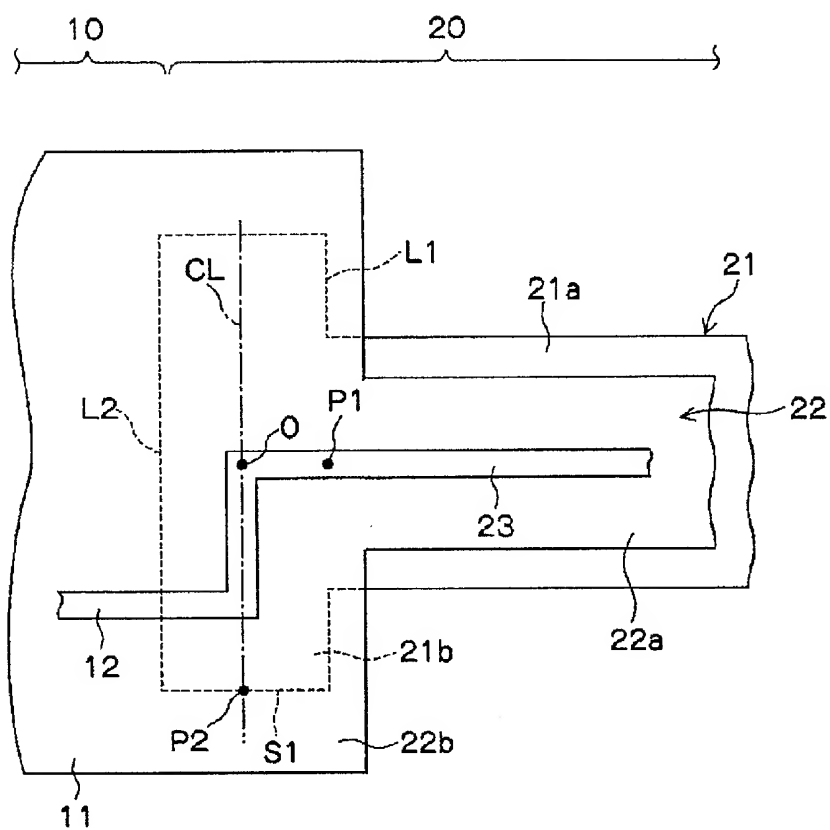
[図3]



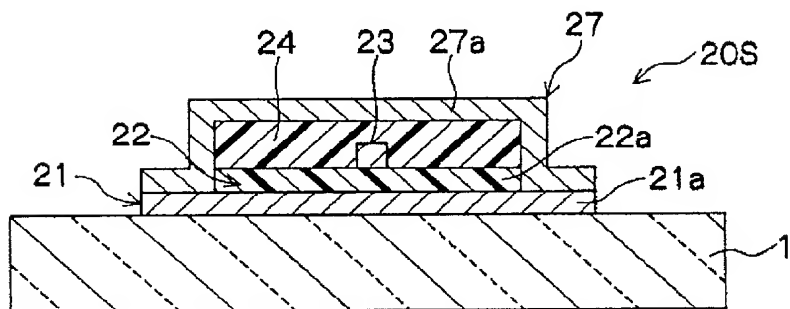
[図4]



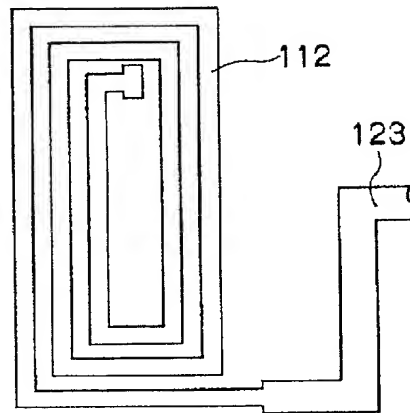
[図5]



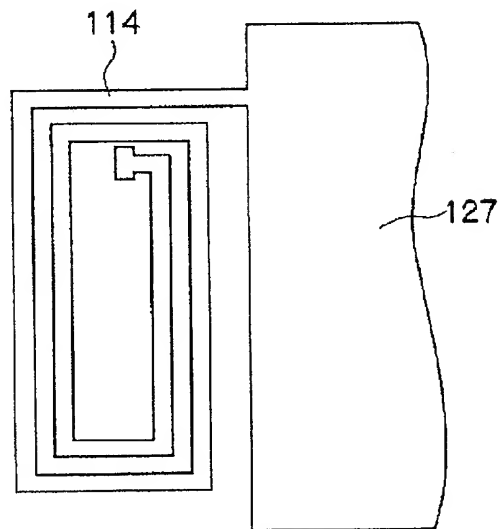
[図6]



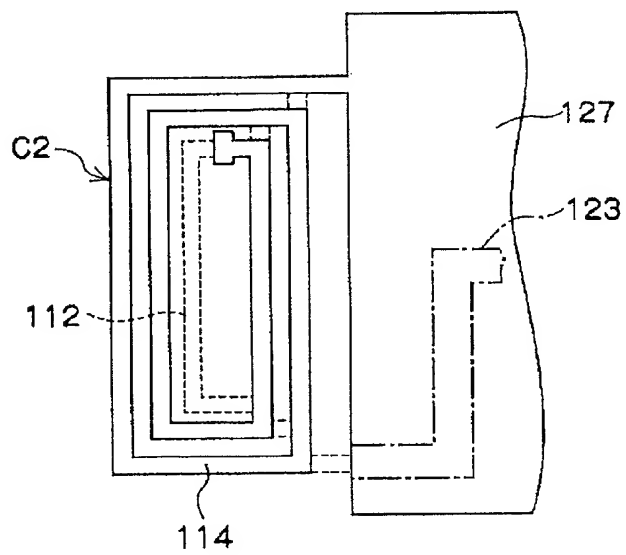
[図7A]



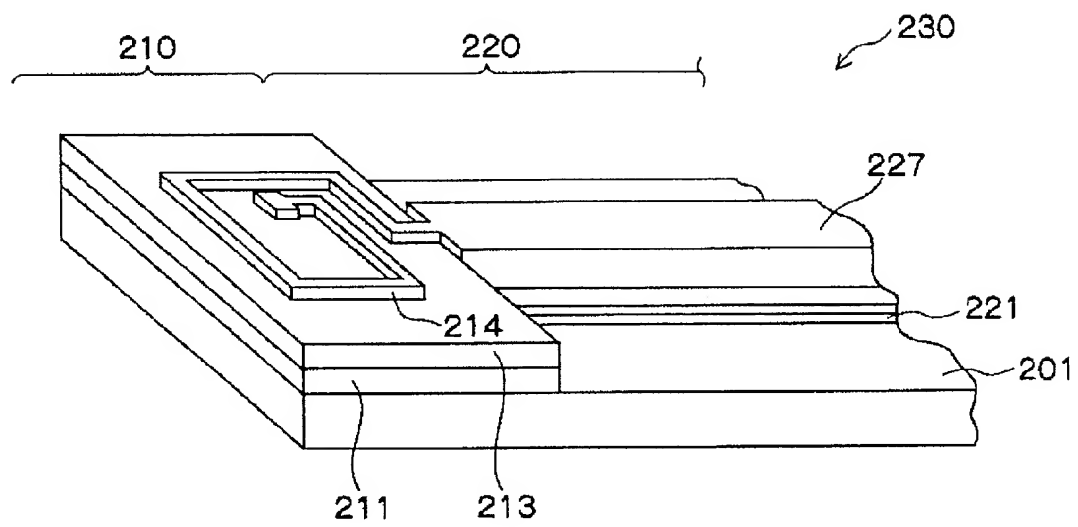
[図7B]



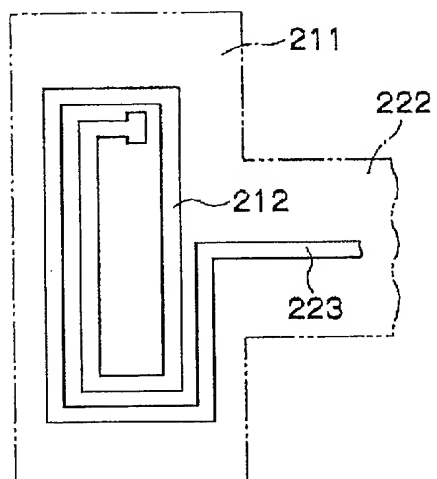
[図7C]



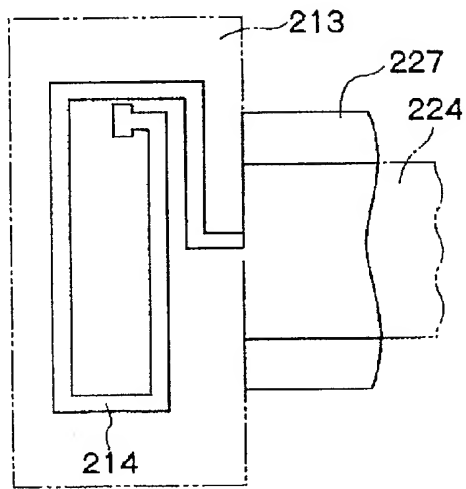
[図8]



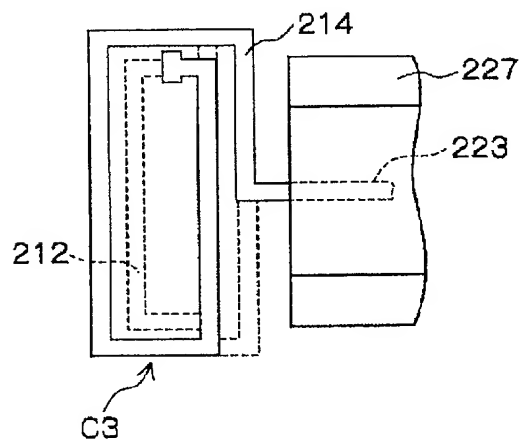
[図9A]



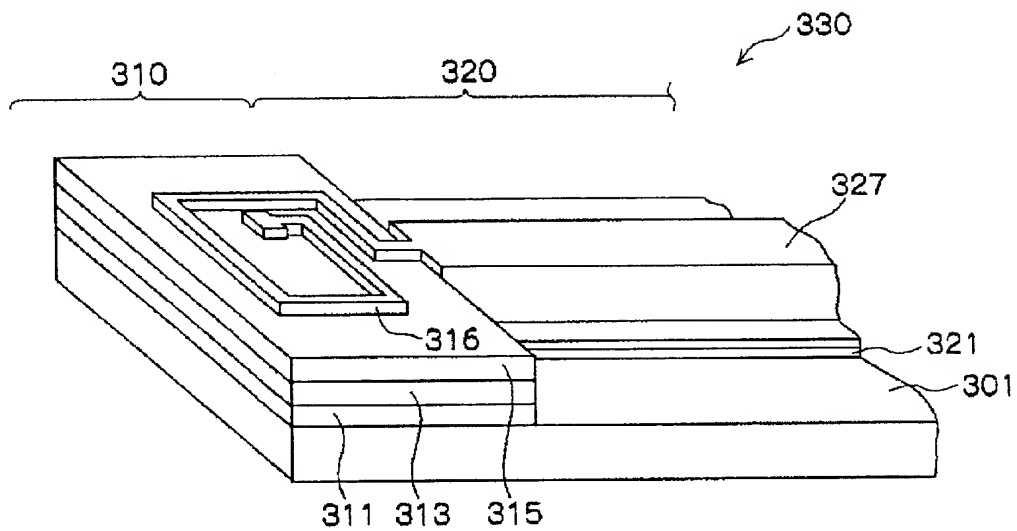
[図9B]



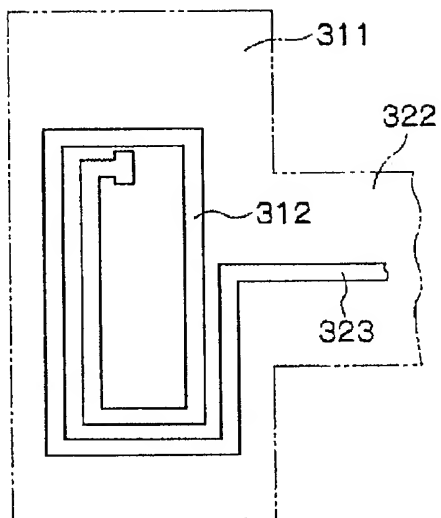
[図9C]



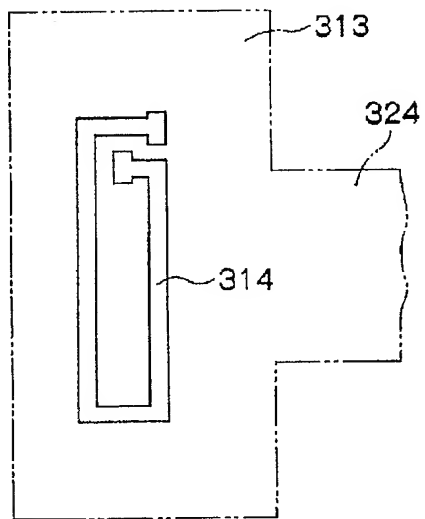
[図10]



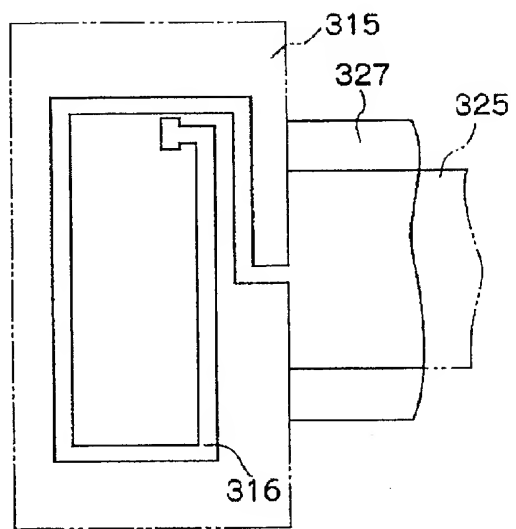
[図11A]



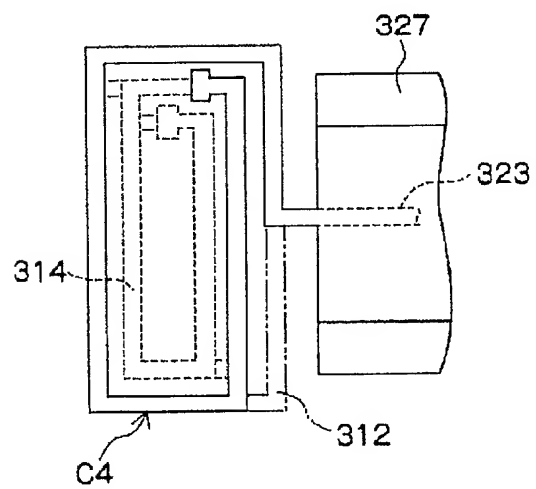
[図11B]



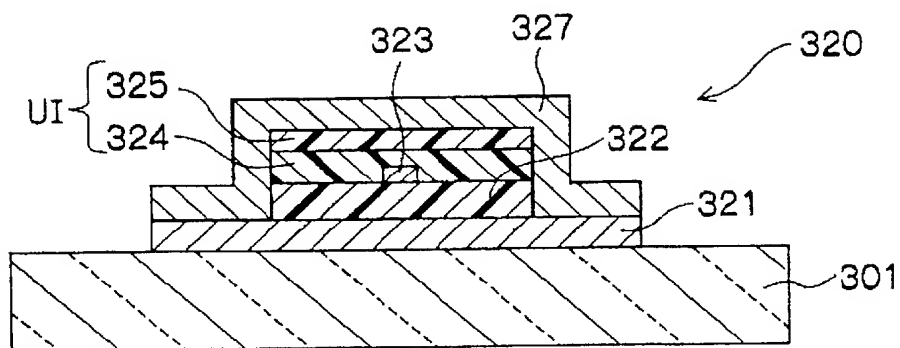
[図11C]



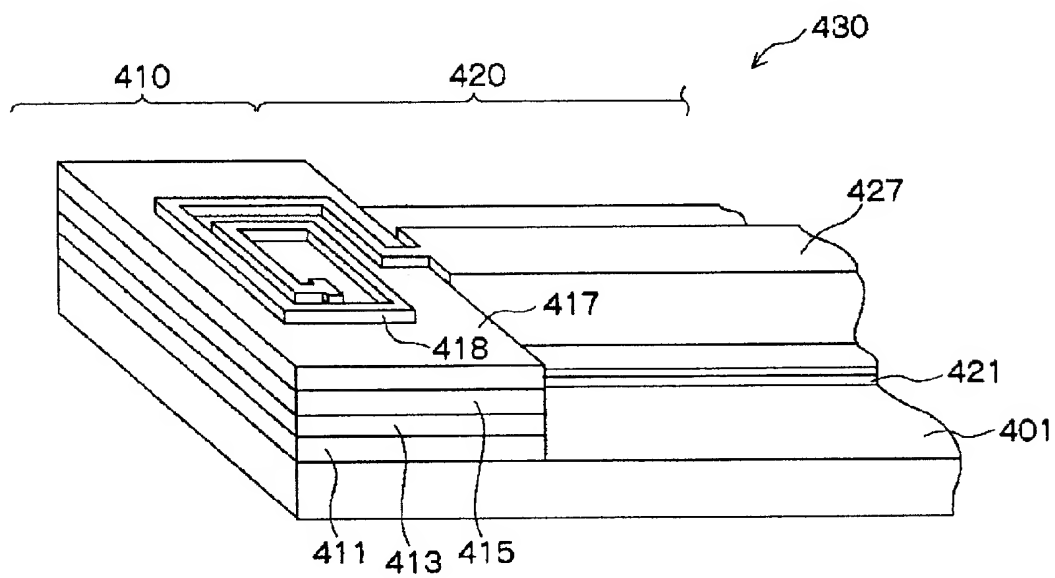
[図11D]



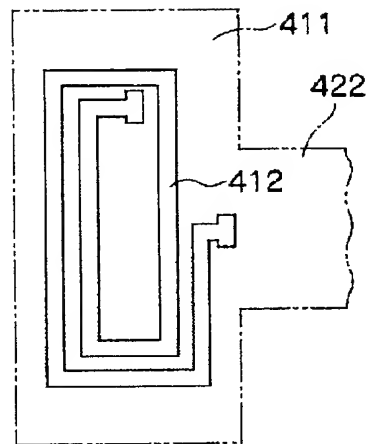
[図12]



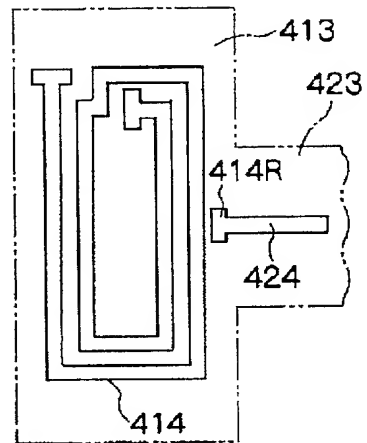
[図13]



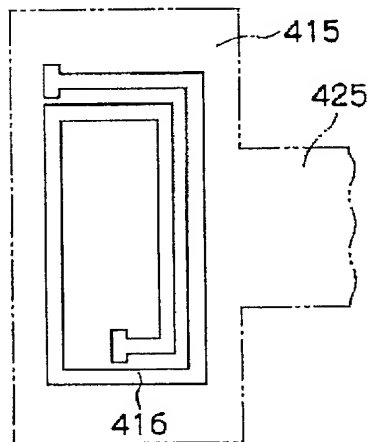
[図14A]



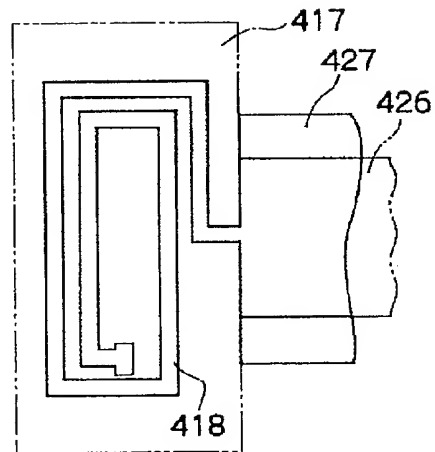
[図14B]



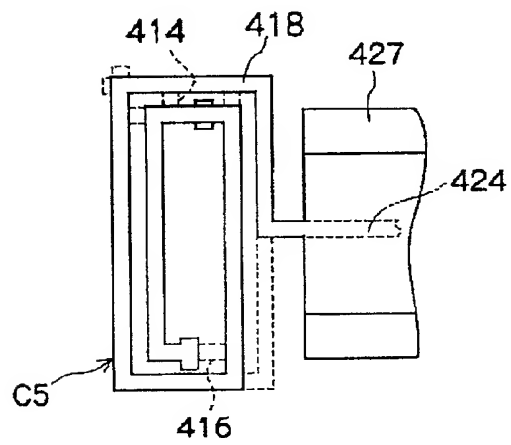
[図14C]



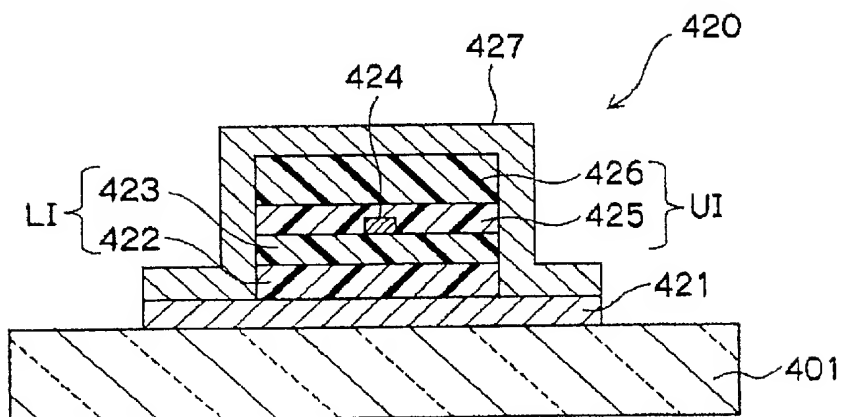
[図14D]



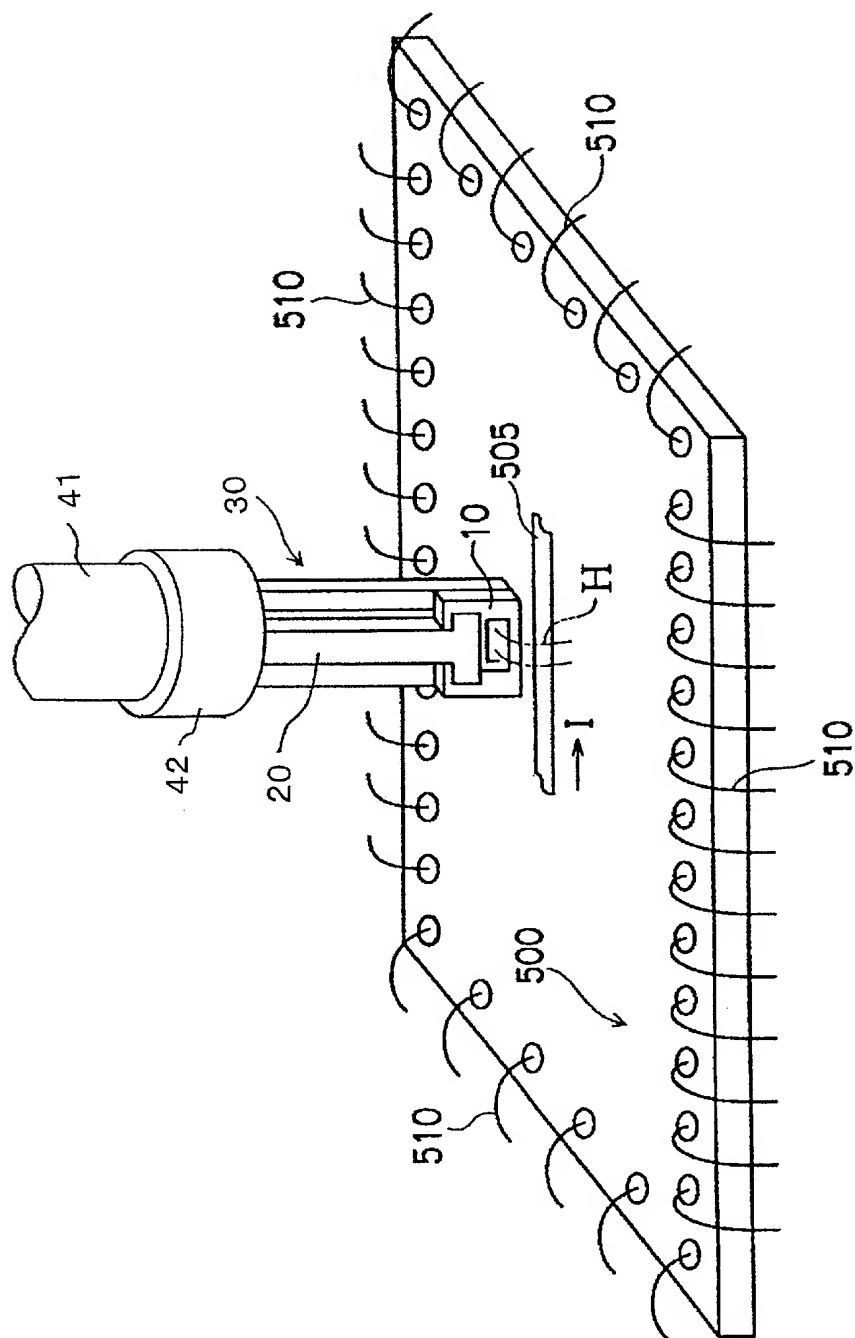
[図14E]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006073

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ G01R33/02, 29/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ G01R33/02, 29/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y</u> A	JP 2000-171535 A (NEC Corp.), 23 June, 2000 (23.06.00), Full text; all drawings & US 6163150 A Full text; all drawings	<u>1-5, 7, 9-13,</u> <u>16-18</u> 6, 8, 14, 15
<u>Y</u> A	JP 2000-055994 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 25 February, 2000 (25.02.00), Full text; all drawings (Family: none)	<u>1-5, 7, 9-13,</u> <u>16-18</u> 6, 8, 14, 15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 June, 2005 (28.06.05)

Date of mailing of the international search report

12 July, 2005 (12.07.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01R33/02, 29/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01R33/02, 29/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u> A	JP 2000-171535 A (日本電気株式会社) 2000.06.23, 全文, 全図 & US 6163150 A, 全文, 全図	<u>1-5, 7, 9-13,</u> <u>16-18</u> 6, 8, 14, 15
<u>Y</u> A	JP 2000-055994 A (日本電信電話株式会社) 2000.02.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	<u>1-5, 7, 9-13,</u> <u>16-18</u> 6, 8, 14, 15

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.06.2005

国際調査報告の発送日

12.7.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

堀 圭 史

2S

3005

電話番号 03-3581-1101 内線 3258